

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/051161

International filing date: 15 March 2005 (15.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 014 532.6  
Filing date: 23 March 2004 (23.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 13 June 2005 (13.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



04.05.2005

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 10 2004 014 532.6  
**Anmeldetag:** 23. März 2004  
**Anmelder/Inhaber:** Koenig & Bauer Aktiengesellschaft,  
97080 Würzburg/DE  
**Bezeichnung:** Optisches System zur Erzeugung eines  
beleuchteten Gebildes  
**IPC:** H 04 N 1/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. April 2005  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Faust

## Beschreibung

### Optisches System zur Erzeugung eines beleuchteten Gebildes

Die Erfindung betrifft ein optisches System zur Erzeugung eines beleuchteten Gebildes gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Die Anwendung besteht vorrangig in der Bildaufnahme von im Wertdruck verarbeitetem Material zur industriellen Bildverarbeitung, wobei das optische System in einer Druckmaschine, vorzugsweise in einer Rotationsdruckmaschine, insbesondere in einer in einem Offsetdruckverfahren, in einem Stahlstichverfahren, in einem Siebdruckverfahren oder in einem Heißprägeverfahren druckenden Druckmaschine, Verwendung findet.

Durch die EP 0 762 174 A2 ist eine Vorrichtung zur linienförmigen Beleuchtung von Blattgut, wie z. B. Banknoten oder Wertpapieren, bekannt, wobei ein zylindrischer Spiegel mit zwei Spiegelsegmenten vorgesehen ist, wobei die Spiegelsegmente eine elliptische, zwei Fokuslinien aufweisende Grundfläche ausbilden, wobei die Breite der Spiegelsegmente größer oder gleich der Breite des Blattguts gewählt ist, wobei in der ersten Fokuslinie das von einer Transportvorrichtung senkrecht zu dieser Fokuslinie transportierte Blattgut und in der zweiten Fokuslinie eine Kaltlichtquelle, z. B. eine Reihe von Leuchtdioden (LED's), angeordnet ist, wobei ein Detektor, z. B. ein CCD-Array oder einzeln oder in Gruppen angeordnete Photodioden, das vom Blattgut remittierte Licht erfasst und in Signale zur Bearbeitung in einer Bearbeitungsanlage umwandelt.

Durch die US 4,972,093 ist ein Inspektionssystem bekannt, wobei ein bewegter Prüfling von einer impulsartig angesteuerten Leuchtdiodenanordnung mit einem zwischen 20 ms und 200 ms dauernden Lichtblitz beaufschlagt wird und eine Flächenkamera ein Bild von dem gesamten Prüfling aufnimmt.

W1.2259DE

2004-03-19

2

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein optisches System zur Erzeugung eines beleuchteten Gebildes zu schaffen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, dass das Material, auf dessen Oberfläche das Gebilde zu erzeugen ist, nicht in einem im direkten, oder im umgelenkten Strahlengang liegenden Brennpunkt des von den Lichtquellen emittierten Lichtes angeordnet sein muss, um das Gebilde in einer ausreichenden Beleuchtungsstärke erscheinen zu lassen. Eine vom Brennpunkt unabhängige Anordnung des Gebildes relativ zum optischen System ist vorteilhaft, weil dann auf eine exakte Maßhaltigkeit bezüglich des Abstandes zwischen dem Gebilde und der Beleuchtungseinrichtung verzichtet werden kann. Das vorgeschlagene optische System ist demnach zum beleuchteten Material abstandstolerant. Außerdem ist zwischen Bauelementen des optischen Systems, die durch eine Verschmutzung, z. B. durch Staub und Abrieb, in ihrer Funktion beeinträchtigt werden können, und dem Material, insbesondere auch zu einer das Material bewegendem Transporteinrichtung, ein ausreichender Abstand vorgesehen, der das optische System und das Material unter den gegebenen Betriebsbedingungen in einer Druckmaschine dauerhaft und zuverlässig außerhalb eines Berührungskontaktes belässt und das optische System vorzugsweise außerhalb der Reichweite der vom bewegten Material aufgewirbelten Schmutzpartikel anordnet.

Ein von der Beleuchtungseinrichtung beleuchteter Beleuchtungsstreifen mit einer sich auf der Oberfläche des Materials orthogonal zu seiner Länge erstreckenden Breite, d. h. ein zweidimensionales, flächiges Gebilde, hat gegenüber einem auf einen Brennpunkt fokussierten linienförmigen, d. h. nur eindimensionalen, beleuchteten Gebilde den Vorteil, dass das beleuchtete Gebilde für eine zur Oberfläche des zumindest in Teilen reflektivem Materials unter einem Reflexionswinkel angeordnete Erfassungseinrichtung zur Erfassung

des von der Oberfläche des Materials remittierten Lichtes auch bei einer reliefartigen Ausgestaltung der Oberfläche des Materials zuverlässig als eine virtuelle zeilenförmige Beleuchtungseinrichtung erscheint, weil aufgrund der Breite des Beleuchtungsstreifens sichergestellt ist, dass eine an der Oberfläche des Materials vorhandene Querschnittsfläche eines Erfassungswinkels der Erfassungseinrichtung, in welchem die Erfassungseinrichtung remittiertes Licht zu erfassen vermag, zumindest einen Teil einer sich über die Breite des Beleuchtungsstreifens erstreckenden Querschnittsfläche des von der Beleuchtungseinrichtung emittierten Lichtstrahlenbündels erfasst. Bei einer Vorrichtung, die Material nur linienförmig beleuchtet, besteht die Gefahr, dass das fokussierte Strahlenbündel von einer reliefartigen Oberfläche des Materials außerhalb des Erfassungswinkels der Erfassungseinrichtung reflektiert wird und folglich nicht erfasst werden kann. Im Gegensatz dazu ist das vorgeschlagene optische System auch für eine Bildaufnahme von Material mit einer diffus reflektierenden Oberfläche gut geeignet. Selbst bei einem Material mit einer reliefartigen Oberfläche tritt kaum eine Schattenwirkung auf.

Beim vorgeschlagenen optischen System ist dessen Beleuchtungseinrichtung vorzugsweise in Modulen, d. h. in eigenständigen Funktionseinheiten, aufgebaut, was den Vorteil hat, dass eine Zeilenlänge der zeilenförmigen Beleuchtungseinrichtung ohne teure Sonderanfertigung durch einfaches Aneinanderreihen von vorgefertigten, vorzugsweise funktionsgleichen Modulen in der benötigten Anzahl an die Breite des zu beleuchtenden Materials oder zumindest an die Länge des Beleuchtungsstreifens adaptierbar ist. Gleichfalls können auch wahlweise zielgerichtet die Lichtquellen nur in denjenigen Modulen aktiviert werden, die zur Beleuchtung der Breite des zu beleuchtenden Materials oder zumindest der Länge des Beleuchtungsstreifens benötigt werden, was beim Aufbau und beim Betrieb des optischen System für dessen Wirtschaftlichkeit von Vorteil ist.

Die Verwendung von mehreren Lichtquellen je Modul hat den Vorteil, dass sich in der Praxis unvermeidbare Unterschiede in dem von den Lichtquellen abgestrahlten Licht, z. B. in dessen Wellenlänge, durch Mischung der Strahlenbündel von benachbarten

Lichtquellen vergleichmäßigen und das von der Beleuchtungseinrichtung insgesamt abgestrahlte Licht in seinen optischen Eigenschaften homogenisieren. Wenn in jedem Modul vorzugsweise mehrere Gruppen von Lichtquellen angeordnet sind, wobei sich die den Gruppen zugeordneten Lichtquellen in ihren optischen Eigenschaften unterscheiden, z. B. in der Farbe des von den Lichtquellen einer jeden Gruppe ausgestrahlten Lichtes, können die einzelnen Gruppen von Lichtquellen applikationsabhängig, z. B. nach der Farbe des Lichtes, ausgewählt und angesteuert werden.

Das vorgeschlagene optische System hat den Vorteil, dass es einen unter Umständen eine große Länge von z. B. über einen Meter aufweisenden Beleuchtungsstreifen durch eine gleichmäßige, bedarfsgerechte Lichtverteilung mit einer homogenen, ausreichend großen Beleuchtungsstärke beaufschlagt und durch seinen modularen, wenig störanfälligen Aufbau auf einfache Weise an die jeweiligen Erfordernisse in einer Druckmaschine anpassbar ist. Da das zu beleuchtende Material nicht in einem Brennpunkt der Beleuchtungseinrichtung anzuordnen ist, entfällt auch die Notwendigkeit für eine exakte Ausrichtung des senkrechten Abstandes der Lichtquellen zur Oberfläche des Materials sowie eine Überwachung dieses Abstandes während des laufenden Einsatzes des optischen Systems, was die Handhabung des optischen Systems Vorort in einem Industriebetrieb erheblich vereinfacht.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Oberfläche eines bewegten Materials mit einem Beleuchtungsstreifen in einer Draufsicht;

Fig. 2 eine schematische Darstellung des optischen Systems;

- Fig. 3 eine einzelne Lichtquelle der Beleuchtungseinrichtung;
- Fig. 4 eine zeilenförmige Anordnung von Lichtquellen auf einer gemeinsamen Platine;
- Fig. 5 eine Strahlenbündelung mit einem ersten Spiegel;
- Fig. 6 eine Strahlenbündelung mit einem ersten Spiegel längs zur Länge des Beleuchtungsstreifens;
- Fig. 7 eine Umlenkung des Strahlenbündels aus einem zentralen Bereich der Lichtquelle mit einem zweiten Spiegel;
- Fig. 8 eine Umlenkung des Strahlenbündels aus einem zentralen Bereich der Lichtquelle mit einem zweiten Spiegel, wobei die Strahlung längs zur Länge des Beleuchtungsstreifens stärker gebündelt ist als längs zu dessen Breite;
- Fig. 9 eine Bündelung der Strahlung aus einem zentralen Bereich der Lichtquelle mit einer Konvexlinse;
- Fig. 10 eine Bündelung der Strahlung aus einem zentralen Bereich der Lichtquelle mit einer Konvexlinse, wobei die Strahlung längs zur Länge des Beleuchtungsstreifens stärker gebündelt ist als längs zu dessen Breite;
- Fig. 11 eine zumindest teilweise Überlagerung der Strahlung von zwei benachbarten Lichtquellen;
- Fig. 12 eine Seitenansicht des optischen Systems;

Fig. 13 eine mit Lichtquellen bestückte Platine auf einem von einem Kühlmedium durchströmten Träger;

Fig. 14 einen in zwei entgegengesetzten Richtungen von einem Kühlmedium durchströmten Träger;

Fig. 15 einen Träger mit einer Kühlung mit zwei Peltierelementen;

Fig. 16 eine Darstellung des Zeitverhaltens der Zeilenkamera und das der Lichtquellen.

In einer Druckmaschine, vorzugsweise in einer Rotationsdruckmaschine, insbesondere in einer in einem Offsetdruckverfahren druckenden Druckmaschine, wird ein in der Fig. 1 dargestelltes Material 03 mit einer Oberfläche 02 in einer durch einen Pfeil angedeuteten Bewegungsrichtung 04 bewegt. Die Bewegung erfolgt durch eine, z. B. in oder an der Druckmaschine angeordnete, hier nicht dargestellte Transporteinrichtung, wobei die Bewegung des Materials 03 während des Betriebes des nachfolgend noch näher beschriebenen optischen Systems vorzugsweise in nur einer einzigen Bewegungsrichtung 04 erfolgt, und zwar vorzugsweise linear. Das Material 03 ist vorzugsweise ebenflächig und flach, z. B. als ein Bogen 03 oder als eine Materialbahn 03, ausgebildet. Das Material 03 ist insbesondere als ein z. B. aus Papier bestehender Bedruckstoff 03 ausgebildet, z. B. als ein Wertpapier 03 oder als eine Banknote 03. Die Oberfläche 02 des Materials 03 kann ein Relief oder eine sonstige aus der Oberfläche 02 herausragende oder in die Oberfläche 02 als eine Vertiefung eingeprägte Struktur aufweisen, wobei eine Höhe oder Tiefe des Reliefs bzw. der Struktur im Vergleich zu einer Breite B03 des Materials 03 sehr klein ist. Zumindest ein Teil der Oberfläche 02 des Materials 03 ist z. B. durch Auftragung eines reflektiven Werkstoffs, z. B. eines Lackes, oder einer Folie, durch Einbringung eines Fensterfadens oder einer anderen vorzugsweise metallischen Applikation in das Material 03, reflektiv ausgebildet.



Eine in der Fig. 2 nur symbolhaft dargestellte Beleuchtungseinrichtung 06 erzeugt auf der Oberfläche 02 des Materials 03 ein beleuchtetes Gebilde 01 in Form eines Beleuchtungsstreifens 01 mit einer Länge L01 und einer Breite B01 (Fig. 1), wobei sich die Breite B01 auf der Oberfläche 02 des Materials 03 orthogonal zur Länge L01 erstreckt. Die Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 ist vorzugsweise in die Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 gerichtet, wohingegen die Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 vorzugsweise parallel zur Breite B03 des Materials 03 gerichtet ist und sich über Teile der Breite B03 des Materials 03 oder über dessen gesamte Breite B03 erstrecken kann. Die Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 beträgt vorzugsweise 3 mm, insbesondere mindestens 8 mm. Die Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 ist somit vorzugsweise zumindest im Wesentlichen parallel zur Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 gerichtet, wobei die Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 innerhalb der von der Länge L01 und der Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 aufgespannten Ebene liegt. Das Material 03 ist zumindest im Bereich des Beleuchtungsstreifens 01 nicht gewölbt.

Die Beleuchtungseinrichtung 06 weist mehrere zeilenförmig nebeneinander angeordnete Lichtquellen 07 auf, sodass die gesamte Beleuchtungseinrichtung 06 zeilenförmig ausgebildet ist. Die zeilenförmig angeordneten Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 sind vorzugsweise parallel zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 angeordnet. Die Lichtquellen 07 haben zur Oberfläche 02 des Materials 03 jeweils einen Abstand A07, wobei der Abstand A07 vorzugsweise zwischen 30 mm und 200 mm, insbesondere zwischen 80 mm und 140 mm beträgt. Der Abstand A07 der Lichtquellen 07 steht vorzugsweise jeweils lotrecht auf der Oberfläche 02 des Materials 03. Alle Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 sind vorzugsweise gleichartig ausgebildet, z. B. als helle, Lichtstarke Leuchtdioden 07 oder als Laserdioden 07. In der Beleuchtungseinrichtung 06 können auch Gruppen von jeweils mehreren zeilenförmig nebeneinander angeordneten Lichtquellen 07 vorgesehen sein, wobei sich die einzelnen Gruppen von Lichtquellen 07 in ihren optischen Eigenschaften, z. B. in der Wellenlänge, des von ihnen emittierten Lichtes unterscheiden. So kann z. B. eine Gruppe

von Lichtquellen 07 weißes Licht emittieren, wohingegen eine andere Gruppe von Lichtquellen 07 monochromes Licht emittiert. Es kann vorgesehen sein, dass eine mit der Beleuchtungseinrichtung 06 verbundene Steuereinrichtung 23 die Gruppen von Lichtquellen 07 applikationsabhängig, z. B. in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Oberfläche 02 des Materials 03 nach der Farbe des Lichtes, ausgewählt und einzeln ansteuert. So kann die Steuereinrichtung 23 eine Gruppe von Lichtquellen 07 auch unabhängig von mindestens einer anderen Gruppe von Lichtquellen 07 in ihrer Helligkeit und/oder Leuchtdauer ansteuern. Der Beleuchtungsstreifen 01 ist außerhalb eines im direkten oder im umgelenkten Strahlengang liegenden Brennpunktes des von den Lichtquellen 07 emittierten Lichtes angeordnet.

Die Beleuchtungseinrichtung 06 besteht z. B. aus mehreren zeilenförmig aneinander gereihten Modulen M61 bis M65 (Fig. 12) jeweils mit mehreren zeilenförmig nebeneinander angeordneten Lichtquellen 07, wobei eine Trennfuge 26 zwischen zwei benachbarten Modulen M61 bis M65 vorzugsweise schräg zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 angeordnet ist. Die einzelnen Module M61 bis M65 der Beleuchtungseinrichtung 06 können z. B. funktionsgleich ausgebildet sein. So kann z. B. eine der Breite B03 des zu beleuchtenden Materials 03 entsprechende Zeilenlänge der aus mehreren aneinander gereihten Modulen M61 bis M65 zusammengesetzten Beleuchtungseinrichtung 06 durch ein Einschalten von den zeilenförmig angeordneten Lichtquellen 07 der betroffenen Module M61 bis M65 aktiviert werden oder es kann eine der Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 entsprechende Zeilenlänge der aus mehreren aneinander gereihten Modulen M61 bis M65 zusammengesetzten Beleuchtungseinrichtung 06 durch ein Einschalten von den zeilenförmig angeordneten Lichtquellen 07 der betroffenen Module M61 bis M65 aktiviert werden.

Fig. 3 zeigt in einer nur zweidimensionalen Darstellung eine einzelne Lichtquelle 07 der Beleuchtungseinrichtung 06. Die Lichtquelle 07 emittiert ihr Licht in einen Raumwinkel  $\omega$ , wobei der Raumwinkel  $\omega$  eine aus einer Kugel ausgeschnittene Fläche AK, also eine

W1.2259DE

2004-03-19

Kugeloberfläche AK, bis zur Größe einer Halbkugel aufspannt.

Fig. 4 zeigt mehrere, z. B. vier der in der Fig. 3 gezeigten Lichtquellen 07 zeilenförmig nebeneinander auf einer gemeinsamen Platine 21 angeordnet. Vorzugsweise ist die zu den jeweiligen Lichtquellen 07 gehörende Stromquelle 22 auf derselben Platine 21 angeordnet. Die Stromquelle 22 ist vorzugsweise als eine Konstantstromquelle 22, insbesondere als eine steuerbare Konstantstromquelle 22, ausgebildet.

Das optische System umfasst – wie es der Fig. 2 entnehmbar ist – auch eine Erfassungseinrichtung 08 mit mindestens einem in einem Abstand A09 von der Oberfläche 02 des Materials 03 angeordneten Detektor 09, wobei der Detektor 09 von der Oberfläche 02 des Materials 03 remittiertes Licht erfasst. Die Erfassungseinrichtung 08 ist z. B. als eine Kamera 08, vorzugsweise eine Zeilenkamera 08, insbesondere eine Farbzeilenkamera 08, ausgebildet. Auch die Erfassungseinrichtung 08 kann zeilenförmig mehrere nebeneinander angeordnete Detektoren 09 aufweisen, wobei die zeilenförmig angeordneten Detektoren 09 vorzugsweise parallel zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 angeordnet sind. Der Detektor 09 der Erfassungseinrichtung 08 kann z. B. als ein CCD-Array 09 oder als eine Gruppe von Photodioden 09 ausgebildet sein. Der Detektor 09 der Erfassungseinrichtung 08 wandelt das erfasste remittierte Licht in ein elektrisches Signal um und führt das elektrische Signal zu seiner Auswertung einer mit der Erfassungseinrichtung 08 verbundenen Bildverarbeitungseinrichtung 24 zu.

Fig. 5 zeigt, dass in dem optischen System den Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 mindestens ein erster Spiegel 11 mit mindestens einer längs zur Länge L01 und/oder zur Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 gerichteten Wirkfläche 12 zugeordnet ist, wobei die Wirkfläche 12 des ersten Spiegels 11 das in den Raumwinkel  $\omega$  emittierte Licht von mindestens einer der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 auf eine kleinere erste Hüllfläche AH1 als die zu dem Raumwinkel  $\omega$  gehörende Kugelfläche AK einschränkt. Die Wirkfläche 12 des ersten

Spiegels 11 kann plan oder konkav ausgebildet sein. Dabei kann die mindestens eine längs zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 gerichtete Wirkfläche 12 des ersten Spiegels 11 das in den Raumwinkel  $\omega$  emittierte Licht von mindestens einer der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 stärker auf eine kleinere zweite Hüllfläche AH2 einschränken als die mindestens eine längs zur Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 gerichtete Wirkfläche 12 dieses ersten Spiegels 11, wie es die Fig. 6 im Vergleich zur Strahlenbündelung gemäß der Fig. 5 zeigt. Vorzugsweise weist mindestens eine Lichtquelle 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 einen ersten Spiegel 11 mit mindestens zwei zu einem von der Lichtquelle 07 emittierten Zentralstrahl 13 symmetrischen Wirkflächen 12 auf.

Zur Umlenkung der von mindestens einer der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 in einem den Zentralstrahl 13 umgebenden zentralen Bereich 14 emittierten Strahlung kann, wie in den Fig. 7 und 8 dargestellt, z. B. ein zweiter Spiegel 16 vorgesehen sein, wobei dessen mindestens eine Wirkfläche 17 in dem den Strahlengang des Zentralstrahls 13 umgebenden zentralen Bereich 14 innerhalb des Raumwinkels  $\omega$  des von der Lichtquelle 07 emittierten Lichtes angeordnet ist, wobei die Wirkfläche 17 des zweiten Spiegels 16 das von mindestens einer der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 emittierte Licht gegen mindestens eine längs zur Länge L01 und/oder zur Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 gerichtete Wirkfläche 12 des ersten Spiegels 11 umlenkt. Dabei kann die von der Lichtquelle 07 emittierte Strahlung vorzugsweise längs zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 stärker gebündelt werden als die Strahlung längs zu dessen Breite B01. Auch die Wirkfläche 17 des zweiten Spiegels 16 kann plan oder konkav ausgebildet sein. Die dem zentralen Bereich 14 zuzuordnende, von den jeweiligen Lichtquellen 07 emittierte Strahlung ist in den Fig. 7 bis 10 jeweils mit durchgängigen Pfeillinien angedeutet, wohingegen von den Lichtquellen 07 in ihrem jeweiligen Raumwinkel  $\omega$  peripher emittierte Strahlung mit gestrichelten Pfeillinien angedeutet ist.

Alternativ kann gleichfalls zur Umlenkung der von mindestens einer der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 in einem den Zentralstrahl 13 umgebenden zentralen Bereich 14 emittierten Strahlung gemäß den Fig. 9 und 10 mindestens eine Linse 18, insbesondere eine bikonvexe Linse 18, in dem den Strahlengang des Zentralstrahls 13 umgebenden zentralen Bereich 14 innerhalb des Raumwinkels  $\omega$  des von mindestens einer der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 emittierten Lichtes angeordnet sein, wobei zwischen der Lichtquelle 07 und einem Zentrum Z18 der Linse 18 ein Abstand A18 besteht, wobei der Abstand A18 vorzugsweise geringer als die Hälfte des Abstandes A07 zwischen der Lichtquelle 07 und der Oberfläche 02 des Materials 03 ist. Dabei kann die Linse 18 nicht rotationssymmetrisch ausgebildet sein, um die von der Lichtquelle 07 emittierte Strahlung vorzugsweise längs zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 stärker zu bündeln als längs zu dessen Breite B01.

Die Fig. 11 zeigt, dass die Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 vorzugsweise derart angeordnet sind, dass sich die jeweiligen Raumwinkel  $\omega$  oder zumindest die Hüllflächen AH1; AH2 des von mindestens zwei benachbarten Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 emittierten Lichtes zumindest in einem den Beleuchtungsstreifen 01 beleuchtenden Teilbereich 19 überlagern. Diese Überlagerung ist insbesondere auch dann vorgesehen, wenn die beteiligten benachbarten Lichtquellen 07 in zwei benachbarten Modulen M61 bis M65 angeordnet sind. Aus der Fig. 11 ist auch ersichtlich, dass an jeder einzelnen Lichtquelle 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 jeweils ein erster Spiegel 11 mit mindestens einer Wirkfläche 12, vorzugsweise mit zwei zueinander symmetrischen Wirkflächen 12, zumindest längs zur Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 vorgesehen sein kann. Des Weiteren kann die Oberfläche 02 des Materials 03 einen Streukörper, d. h. einen Licht streuenden Körper, aufweisen, z. B. ein Lentikular oder eine Prismenfolie, wobei der Streukörper das im Beleuchtungsstreifen 01 auf die Oberfläche 02 des Materials 03 aufgestrahlte Licht vorzugsweise nur oder zumindest ganz überwiegend längs zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 remittiert.

Fig. 12 zeigt eine Ansicht des optischen Systems in einer lotrecht zur Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 stehenden Ebene. Die Beleuchtungseinrichtung 06 und der auf der Oberfläche 02 des Materials 03 beleuchtete Beleuchtungsstreifen 01 sind im Abstand A07 parallel zueinander angeordnet, jedoch kann eine Erstreckung der Beleuchtungseinrichtung 06, d. h. ihre Länge B06, größer sein als die Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 oder als die Breite B03 des Materials 03. Die Beleuchtungseinrichtung 06 ist in mehrere Module M61 bis M65 aufgeteilt, d. h. in diesem Beispiel in fünf zeilenförmig nebeneinander angeordnet Module M61 bis M65, wobei die in jedem Modul M61 bis M65 angeordneten Lichtquellen 07 jeweils Licht zum Beleuchtungsstreifen 01 emittieren. Das vom Beleuchtungsstreifen 01 remittierte Licht wird von dem im Abstand A09 von der Oberfläche 02 des Materials 03 angeordneten Detektor 09 der Erfassungseinrichtung 08 innerhalb eines sich längs zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 öffnenden, räumlichen Erfassungswinkels  $\alpha$  erfasst, wobei der Erfassungswinkel  $\alpha$  in diesem Beispiel derart bemessen ist, dass er das vom Beleuchtungsstreifen 01 remittierte Licht über die gesamte Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 erfasst. Der Erfassungswinkel  $\alpha$  bildet an der Oberfläche 02 des Materials 03 eine Querschnittsfläche aus, sodass der Erfassungswinkel  $\alpha$  zumindest einen Teil einer sich über die Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 erstreckenden Querschnittsfläche des von der Beleuchtungseinrichtung 06 emittierten Lichtestrahlenbündels erfasst. Die vom Erfassungswinkel  $\alpha$  erfasste Querschnittsfläche ist vorzugsweise zumindest so groß wie die auf der Oberfläche 02 des Materials 03 durch die Länge L01 und Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 aufgespannte Fläche.

Die Qualität eines mit der Erfassungseinrichtung 08 durch Erfassung des vom Beleuchtungsstreifen 01 remittierten Lichtes aufgenommenen Bildes ist maßgeblich davon abhängig, dass die Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 Licht konstanter Lichtstärke emittieren. Denn Schwankungen in der Lichtstärke des von den Lichtquellen 07 emittierten Lichtes führen in der Erfassungseinrichtung 08 bezüglich des

der Bildverarbeitungseinrichtung 24 zugeführten Signals zu demselben Ergebnis wie Änderungen in der Beschaffenheit der Oberfläche 02 des angestrahlten Materials 03, sodass in der Bildverarbeitungseinrichtung 24 die Ursachen einer Signaländerung nicht unterschieden werden können. Unter diesen Umständen lassen sich aus einer in der Bildverarbeitungseinrichtung 24 vorgenommenen Bildauswertung keine verlässlichen Aussagen über die Beschaffenheit der Oberfläche 02 des angestrahlten Materials 03 gewinnen.

Abhilfe bieten hier Maßnahmen, die die Lichtstärke des von den Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 emittierten Lichtes konstant halten. Die in der Beleuchtungseinrichtung 06 verwendeten Lichtquellen 07 sind vorzugsweise als lichtstarke Leuchtdioden 07 oder Laserdioden 07 ausgebildet, deren Lichtstärke temperaturabhängig ist. Im Folgenden werden zur Erzielung einer konstanten Lichtstärke Maßnahmen zur Temperaturstabilisierung der auf dem Träger 21 angeordneten Lichtquellen 07 beschrieben. Der Vorteil der vorgeschlagenen Lösung besteht darin, dass die thermische Last der Lichtquellen 07 direkt am Entstehungsort abgeführt wird, wodurch sich kurze Regelzeiten erreichen lassen.

Die Lichtquellen 07 sind vorzugsweise auf einer mit weiteren elektronischen Bauelementen bestückbaren und mit Leiterbahnen versehenen Platine 21 angeordnet. Der Halbleiter der Leuchtdioden 07 oder Laserdioden 07 steht vorzugsweise in direktem Berührungskontakt mit der Platine 21, die z. B. als MCPCB (metal core printed circuit board) oder als eine Platine 21 mit einem Kern aus Aluminium ausgebildet ist und an ihrer die Leuchtdioden 07 oder Laserdioden 07 tragenden Montageseite 32 zur Ausbildung eines möglichst geringen Wärmeübergangswiderstandes nur eine sehr dünne Auflage auf ihrem wärmeleitenden Untergrund aufweist.

Fig. 13 zeigt eine Platine 21 mit mehreren darauf zeilenförmig angeordneten Lichtquellen 07, wobei die Platine 21 ihrerseits auf einem Träger 27 angeordnet ist, wobei der Träger

27 vorzugsweise in seinem Inneren vorzugsweise unterhalb der zeilenförmigen Anordnung der Lichtquellen 07 mindestens einen Kanal 28 aufweist, wobei ein flüssiges oder gasförmiges Kühlmedium, z. B. Wasser oder Luft, den Kanal 28 durchströmt. Vorzugsweise stirnseitig am Träger 27 sind zur Zuführung und Abführung des Kühlmediums eine mit einem Vorlauf verbundene Öffnung 29 und eine mit einem Rücklauf verbundene Öffnung 31 vorgesehen, wobei das Kühlmedium den Träger 27 z. B. geradlinig durchströmt. Fig. 14 zeigt einen Träger 27, den das Kühlmedium in zwei einander entgegengesetzten Richtungen durchströmt, wodurch im Träger 27 ein entlang der zeilenförmigen Anordnung der Lichtquellen 07 ausgeglichenes Temperaturprofil erreicht wird. Dazu kann der Kanal 28 an einem Ende des Trägers 27 um 180° umgelenkt sein.

Eine nicht dargestellte Regeleinrichtung kann die Temperatur des Kühlmediums am Vorlauf und die durch den Kanal 28 strömende Durchflussmenge konstant halten. Alternativ kann die Regeleinrichtung auch eine Differenz zwischen der Temperatur des Kühlmediums am Vorlauf und der Temperatur des Kühlmediums am Rücklauf konstant halten. Dabei ist weniger die absolute Temperatur des Kühlmediums von Bedeutung, sondern vielmehr, dass eine für die Lichtquellen 07 maximal zulässige Temperatur, die sich aus den Wärmeübergangswiderständen der beteiligten Werkstoffe ergibt, nicht überschritten wird, was von der Regeleinrichtung durch eine Überwachung der Temperatur und einen darauf reagierenden Regelungseingriff verhindert wird. Wenn ein in seiner Temperatur oder Durchflussmenge regelbares Kühlmedium nicht zur Verfügung steht, kann die Kühlung der Lichtquellen 07 auch über ein externes, nicht mit der Platine 21 verbundenes Kühlgerät (nicht dargestellt) erfolgen.

Eine Alternative zur Verwendung eines strömenden Kühlmediums zeigt die Fig. 15. Die mit den Lichtquellen 07 bestückte Platine 21 ist auf einem Träger 27 angeordnet, wobei der Träger 27 seinerseits auf mindestens einem Peltierelement 33, vorzugsweise aber mehreren Peltierelementen 33, angeordnet ist, wobei die Peltierelemente 33 jeweils mit



einem vom Träger 27 thermisch getrennten Kühlkörper 34 verbunden sind. Eine notwendige Temperaturmessung zur Regelung des mindestens einen Peltierelements 33 durch eine nicht dargestellte elektronische Regeleinrichtung wird direkt an dem Träger 27 durch einen an diesem angebrachten Temperatursensor 36 vorgenommen. Bei schwankender Umgebungstemperatur schwankt dann nur die Temperatur des Kühlkörpers 34, nicht aber die Temperatur der auf der Platine 21 angeordneten Lichtquellen 07. Die elektronische Regeleinrichtung kann in der mit der Beleuchtungseinrichtung 06 verbundenen Steuereinrichtung 23 integriert sein.

Da die Bewegung des bewegten Materials 03 in einer Druckmaschine oder einer ein Druckerzeugnis weiter verarbeitenden Maschine mit einer Geschwindigkeit von mehreren Metern pro Sekunde erfolgt, z. B. 3 m/s oder mehr, wobei z. B. in einer Bogendruckmaschine 15.000 oder auch mehr Bogen 03 pro Stunde bedruckt und durch die Druckmaschine transportiert werden, ist das optische System derart auszulegen, dass von dem bewegten Material 03 eine brauchbare Bildaufnahme möglich ist. Dabei ist zu beachten, dass sich bei einer als eine Zeilenkamera 08 ausgebildeten Erfassungseinrichtung 08 die erfasste Menge des von der Oberfläche 02 des bewegten Materials 03 remittierten Lichtes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des bewegten Materials 03 ändert. Dadurch ändert sich auch die Helligkeit der Bildaufnahme. Bei größeren Geschwindigkeitsänderungen, wie sie in den genannten Maschinen üblicherweise auftreten, kann die Bildaufnahme unbrauchbar werden.

Statt die Bildaufnahme der Zeilenkamera 08 mit einem Encoder mit der Geschwindigkeit des bewegten Materials 03 zu synchronisieren, wird vorgeschlagen, eine Einschaltdauer  $t_3$  einer einzelnen Lichtquelle 07 oder einer Gruppe von Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06, die von einer von der Steuereinrichtung 23 gesteuerten Stromquelle 22, insbesondere einer Konstantstromquelle 22, angesteuert werden, mit einer Triggerung, d. h. einer Belichtungsdauer  $t_1$  der Zeilenkamera 08 zu synchronisieren, sodass die Oberfläche 02 des bewegten Materials 03 unabhängig von der

Geschwindigkeit des bewegten Materials 03 immer mit der gleichen Lichtmenge beleuchtet wird. Dadurch ergibt sich eine konstante Helligkeit für das von der Zeilenkamera 08 aufgenommene Bild über einen weiten Bereich der Geschwindigkeit des bewegten Materials 03.

Vorzugsweise sind – wie bereits beschrieben - in der Beleuchtungseinrichtung 06 mehrere Gruppen von Lichtquellen 07 vorgesehen, denen jeweils mindestens eine Stromquelle 22, insbesondere eine Konstantstromquelle 22, zugeordnet ist. Die Einschaltzeiten  $t_3$  der Lichtquellen 07 werden von der mit der Beleuchtungseinrichtung 06 verbundenen Steuereinrichtung 23 z. B. gruppenweise oder auch einzeln unabhängig voneinander von den jeweiligen Stromquellen 22 angesteuert, sodass sich über die Länge der vorzugsweise zeilenförmig angeordneten Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 ein Lichtmengenprofil einstellen lässt. Die Einstellung eines Lichtmengenprofils vorzugsweise längs zur Länge  $L_{01}$  des Beleuchtungsstreifens 01 hat den Vorteil, dass Transmissionsverluste durch eine nicht dargestellte Optik der Zeilenkamera 08 ausgeglichen werden können.

Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass ein z. B. mit der Steuereinrichtung 23 verbundener Lichtsensor 37 die abgestrahlte Lichtmenge der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 misst, um anhand des Messsignals des Lichtsensors 37 die Einschaltdauer  $t_3$  der von den Stromquellen 22 mit der Steuereinrichtung 23 gesteuerten Lichtquellen 07 z. B. an ein Degradationsverhalten der Lichtquellen 07 anzupassen und mit der Ansteuerung der Lichtquellen 07 z. B. eine mit ihrer Alterung nachlassende Abstrahlung in ihrer Lichtmenge zu kompensieren. Auch kann die Steuereinrichtung 23 die Einschaltdauer  $t_3$  der Lichtquellen 07 an unterschiedliche optische Eigenschaften des zu beleuchtenden Materials 03 automatisch anpassen.

Fig. 16 zeigt das Zeitverhalten der Zeilenkamera 08 und das der Lichtquellen 07. Die Zeilenkamera 08 wird gemäß dem oberen, ersten Zeitverlauf zu einem bestimmten

Zeitpunkt eingeschaltet, sodass zu diesem Zeitpunkt die Belichtungsdauer  $t_1$  der Zeilenkamera 08 beginnt. Nach Ablauf der Belichtungsdauer  $t_1$  folgt unmittelbar eine von der Geschwindigkeit des bewegten Materials 03 abhängige Auszeit  $t_2$  zwischen zwei aufeinander folgenden, benachbarten Bildzeilen der Zeilenkamera 08. Zumindest eine in Abhängigkeit von der Steuerung der Zeilenkamera 08 getriggerte Lichtquelle 07 wird gemäß dem mittleren, zweiten Zeitverlauf in der Fig. 16 von der von der Steuereinrichtung 23 gesteuerten Stromquelle 22 gleichzeitig mit der Belichtungsdauer  $t_1$  der Zeilenkamera 08 angesteuert, wobei nach einer Verzögerungszeit  $t_4$  für die Einschaltung der Lichtquelle 07, d. h. eine physikalisch bedingte Zeit bis zum Beginn ihrer Lichtemission, diese Lichtquelle 07 dann für die Einschaltdauer  $t_3$  eingeschaltet bleibt, wobei eine Summe bestehend aus der Verzögerungszeit  $t_4$  und der Einschaltdauer  $t_3$  vorzugsweise geringer bemessen ist als die Belichtungsdauer  $t_1$  der Zeilenkamera 08. Das Zeitverhalten für die Zeilenkamera 08 und die Lichtquellen 07 wiederholt sich periodisch in der zuvor beschriebenen festen Korrelation. Nur als Vergleich zu der in ihrer Einschaltdauer  $t_3$  getriggerten Lichtquelle 07 ist in dem unteren, dritten Zeitverlauf der Fig. 16 das Zeitverhalten der Einschaltdauer  $t_5$  für eine Konstantlichtquelle dargestellt.

W1.2259DE

2004-03-19

## Bezugszeichenliste

- 01 Gebilde, Beleuchtungsstreifen
- 02 Oberfläche
- 03 Material, Bogen, Materialbahn, Bedruckstoff, Wertpapier, Banknote
- 04 Bewegungsrichtung
- 05 –
- 06 Beleuchtungseinrichtung
- 07 Lichtquelle, Leuchtdiode, Laserdiode
- 08 Erfassungseinrichtung, Kamera, Zeilenkamera, Farbzeilenkamera
- 09 Detektor, CCD-Array, Photodiode
- 10 –
- 11 Spiegel, erster
- 12 Wirkfläche
- 13 Zentralstrahl
- 14 zentraler Bereich
- 15 –
- 16 Spiegel, zweiter
- 17 Wirkfläche
- 18 Linse
- 19 Teilbereich
- 20 –
- 21 Platine
- 22 Stromquelle, Konstantstromquelle
- 23 Steuereinrichtung
- 24 Bildverarbeitungseinrichtung
- 25 –
- 26 Trennfuge
- 27 Träger

W1.2259DE

2004-03-19

19

28 Kanal  
29 Öffnung  
30 –  
31 Öffnung  
32 Montageselte  
33 Peltierelement  
34 Kühlkörper  
35 –  
36 Temperatursensor  
37 Lichtsensor

A07 Abstand  
A09 Abstand  
A18 Abstand  
B01 Breite  
B03 Breite  
B06 Länge  
L01 Länge  
Z18 Zentrum

AH1 Hüllfläche, erste  
AH2 Hüllfläche, zweite  
AK Fläche, Kugeloberfläche

M61 Modul  
M62 Modul  
M63 Modul  
M64 Modul

W1.2259DE

2004-03-19

20

M65 Modul

t1 Belichtungsdauer

t2 Auszeit

t3 Einschaltdauer

t4 Verzögerungszeit

t5 Einschaltdauer

$\alpha$  Erfassungswinkel

$\omega$  Raumwinkel

## Ansprüche

1. Optisches System zur Erzeugung eines beleuchteten Gebildes (01) auf einer Oberfläche (02) eines relativ zum Gebilde (01) bewegten Materials (03), wobei eine Beleuchtungseinrichtung (06) mit mehreren von einer Steuereinrichtung (23) gepulst betriebenen Lichtquellen (07) Licht zur Erzeugung des Gebildes (01) emittiert, wobei eine Erfassungseinrichtung (08) von der Oberfläche (02) des Materials (03) remittiertes Licht erfasst, dadurch gekennzeichnet, dass einer einzelnen der Lichtquellen (07) oder einer Gruppe von Lichtquellen (07) eine von der Steuereinrichtung (23) gesteuerte Stromquelle (22) zugeordnet ist, wobei die Erfassungseinrichtung (08) als eine Zeilenkamera (08) ausgebildet ist, wobei eine Einschaltdauer (t3) der mindestens einen von der Stromquelle (22) angesteuerten Lichtquelle (07) mit einer Belichtungsdauer (t1) der Zeilenkamera (08) synchronisiert ist.
2. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Beleuchtungseinrichtung (06) mehrere Gruppen von Lichtquellen (07) vorgesehen sind, denen jeweils mindestens eine von der Steuereinrichtung (23) gesteuerte Stromquelle (22) zugeordnet ist.
3. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromquelle (22) als eine Konstantstromquelle (22) ausgebildet ist.
4. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinrichtung (06) auf der Oberfläche (02) des bewegten Materials (03) einen Beleuchtungsstreifen (01) mit einer Länge (L01) und einer Breite (B01) erzeugt.
5. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen

(07) in der Beleuchtungseinrichtung (06) zeilenförmig angeordnet sind, wobei durch die Ansteuerung der Lichtquellen (07) über die Länge ihrer zeilenförmigen Anordnung ein Lichtmengenprofil eingestellt ist.

6. Optisches System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Lichtmengenprofil längs zur Länge (L01) des Beleuchtungsstreifens (01) eingestellt ist.
7. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein mit der Steuereinrichtung (23) verbundener Lichtsensor (37) die abgestrahlte Lichtmenge der Lichtquellen (07) misst.
8. Optisches System nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (23) anhand eines Messsignals des Lichtsensors (37) die Einschaltdauer (t3) der Lichtquellen (07) an ihr Degradationsverhalten anpasst.
9. Optisches System nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (23) anhand des Messsignals des Lichtsensors (37) ein alterungsbedingtes Nachlassen in der von den Lichtquellen (07) abgestrahlten Lichtmenge kompensiert.
10. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (23) die Einschaltdauer (t3) der Lichtquellen (07) an unterschiedliche optische Eigenschaften des zu beleuchtenden Materials (03) anpasst.
11. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (07) nach ihrer Ansteuerung durch ihre Stromquelle (22) bis zum Beginn ihrer Lichtemission eine Verzögerungszeit (t4) aufweist, wobei nach Ablauf der



Verzögerungszeit (t4) ihre Einschaltdauer (t3) beginnt.

12. Optisches System nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Summe bestehend aus der Verzögerungszeit (t4) und der Einschaltdauer (t3) der Lichtquelle (07) geringer bemessen ist als die Belichtungsdauer (t1) der Zeilenkamera (08).
13. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (23) die Lichtquelle (07) in Abhängigkeit von der Triggerung der Zeilenkamera (08) gleichzeitig mit der Belichtungsdauer (t1) der Zeilenkamera (08) einschaltet.
14. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich ein Zeitverhalten für die Zeilenkamera (08) und die Lichtquellen (07) in einer festen Korrelation periodisch wiederholen.

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein optisches System zur Erzeugung eines beleuchteten Gebildes auf einer Oberfläche eines relativ zum Gebilde bewegten Materials, wobei eine Beleuchtungseinrichtung mit mehreren von einer Steuereinrichtung gepulst betriebenen Lichtquellen Licht zur Erzeugung des Gebildes emittiert, wobei eine Erfassungseinrichtung von der Oberfläche des Materials remittiertes Licht erfasst, wobei einer einzelnen der Lichtquellen oder einer Gruppe von Lichtquellen der Beleuchtungseinrichtung eine von der Steuereinrichtung gesteuerte Stromquelle zugeordnet ist, wobei die Erfassungseinrichtung als eine Zeilenkamera ausgebildet ist, wobei eine Einschaltdauer der mindestens einen von der Stromquelle angesteuerten Lichtquelle mit einer Belichtungsdauer der Zeilenkamera synchronisiert ist.

1/12

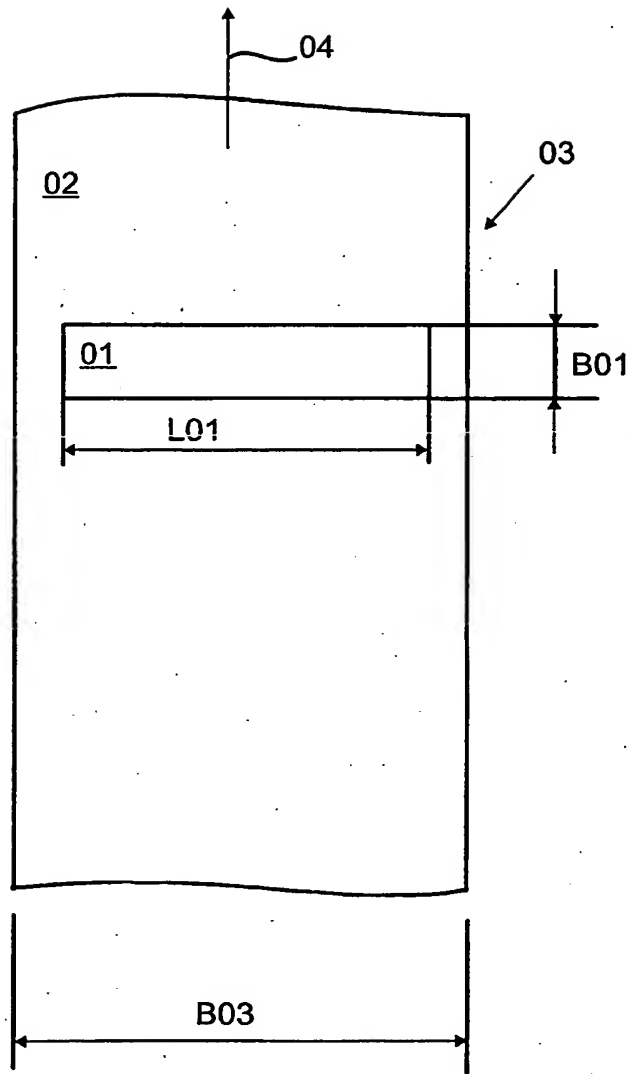


Fig. 1

2/12

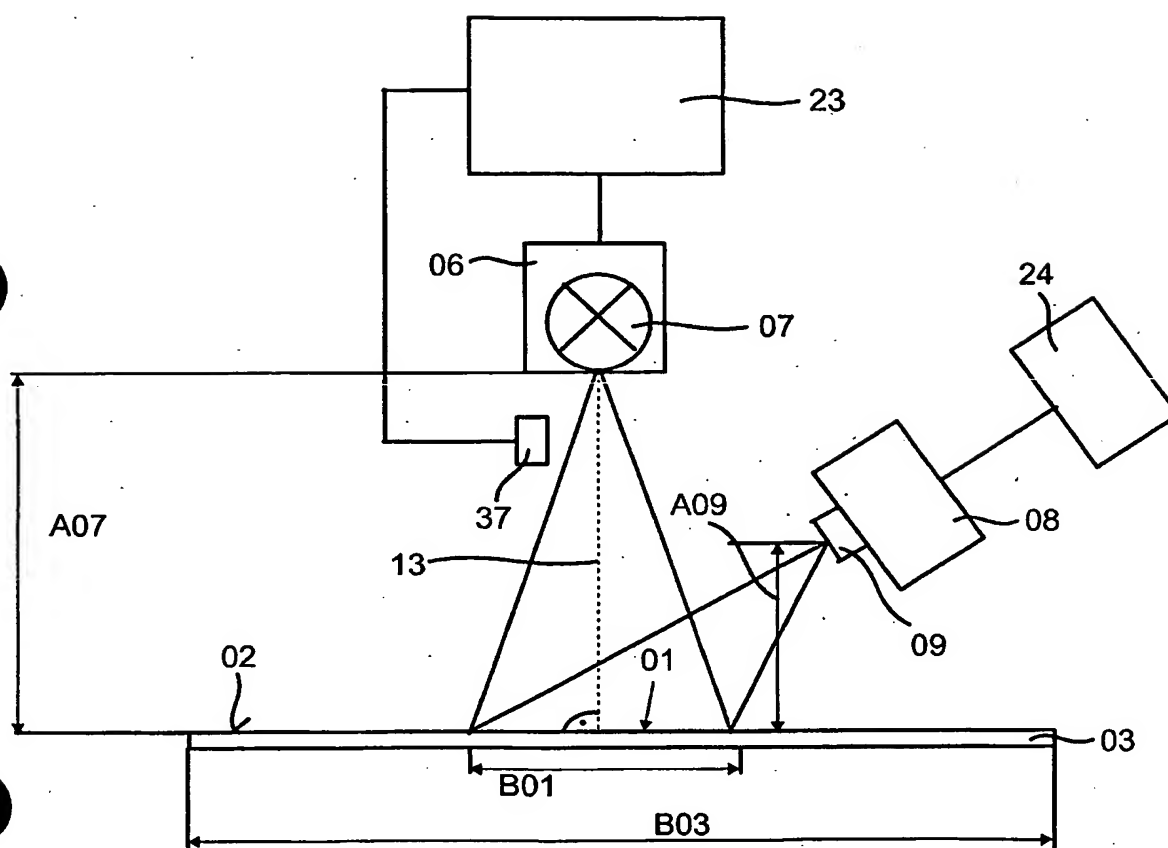


Fig. 2

3/12

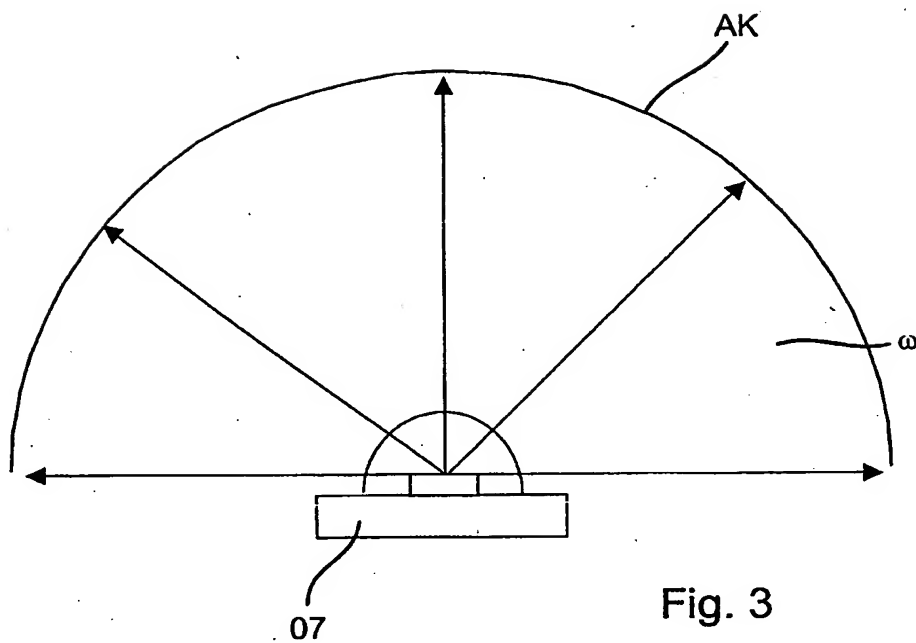


Fig. 3

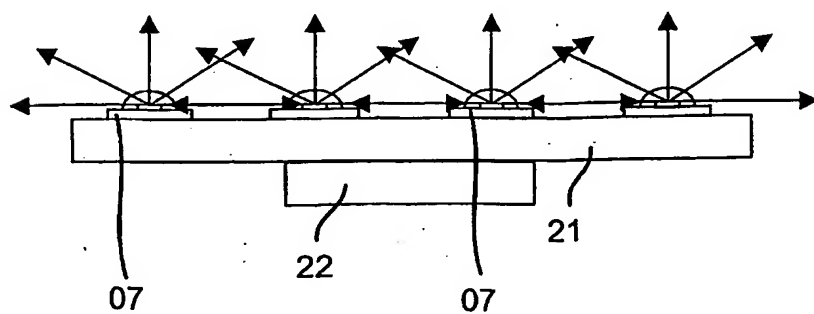


Fig. 4

W1 2259DE  
2004-03-19

4/12

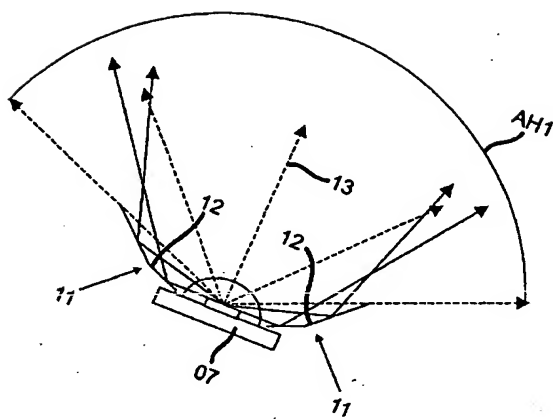


Fig. 5

5/12

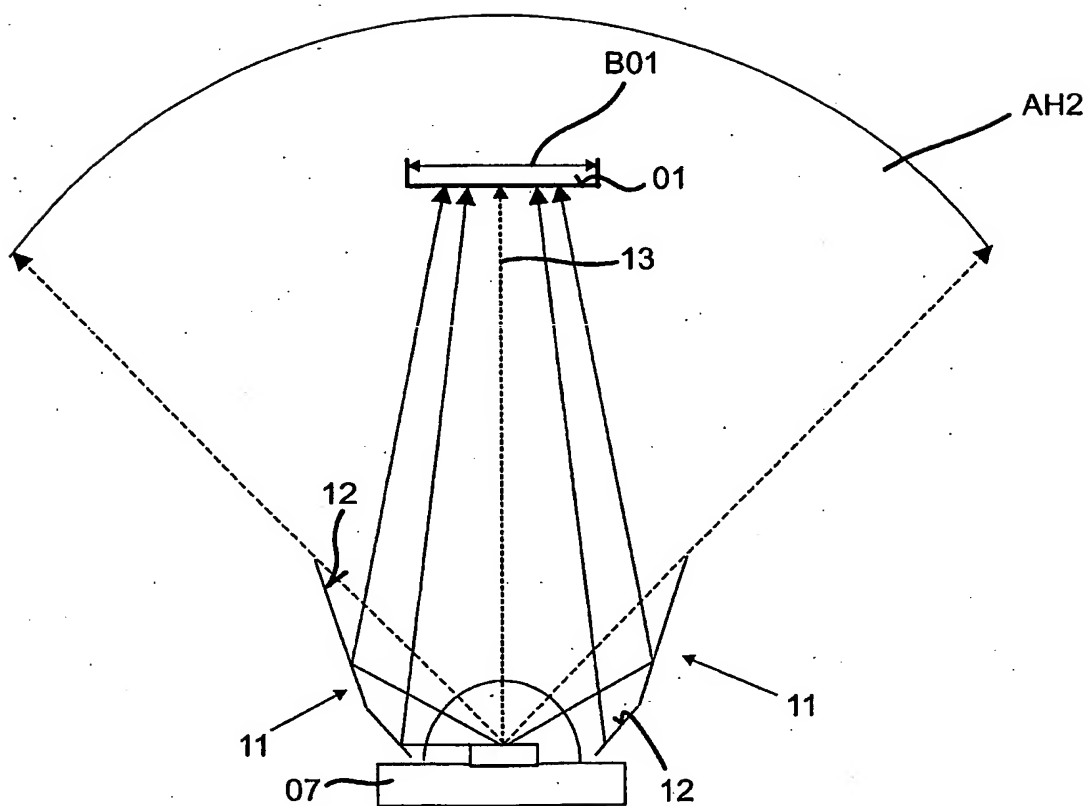


Fig. 6

6/12

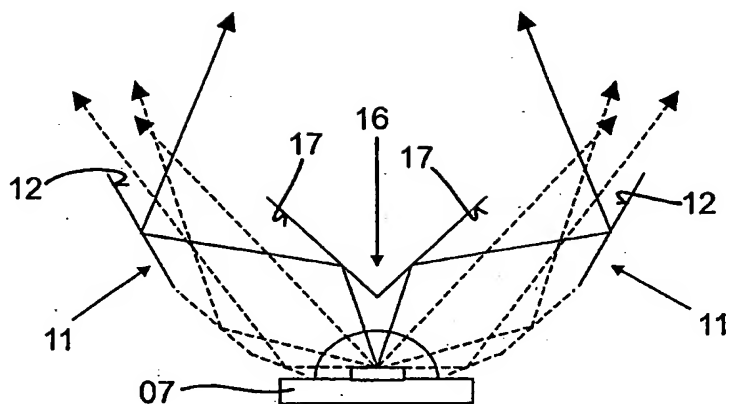


Fig. 7

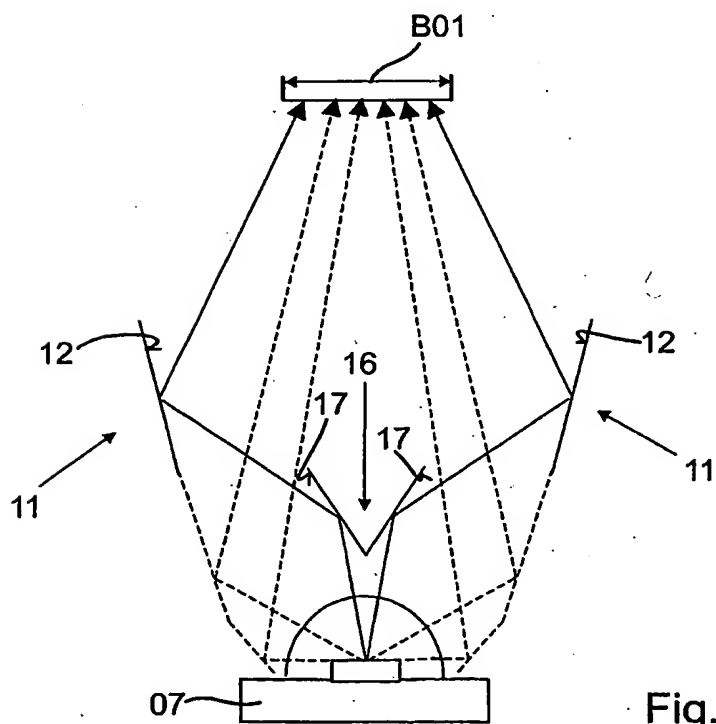


Fig. 8



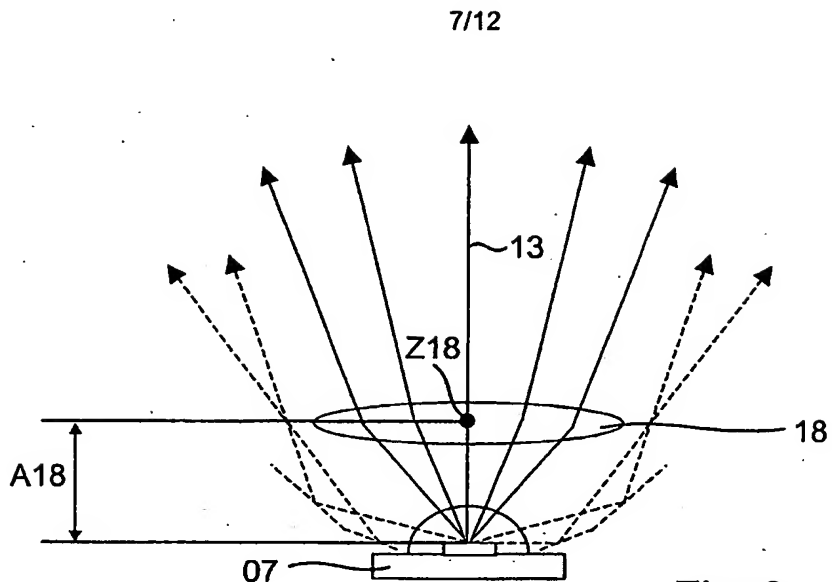


Fig. 9

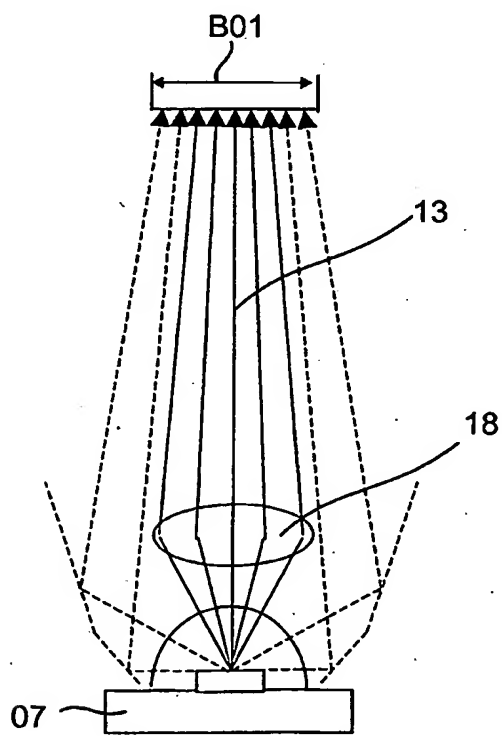


Fig. 10

8/12

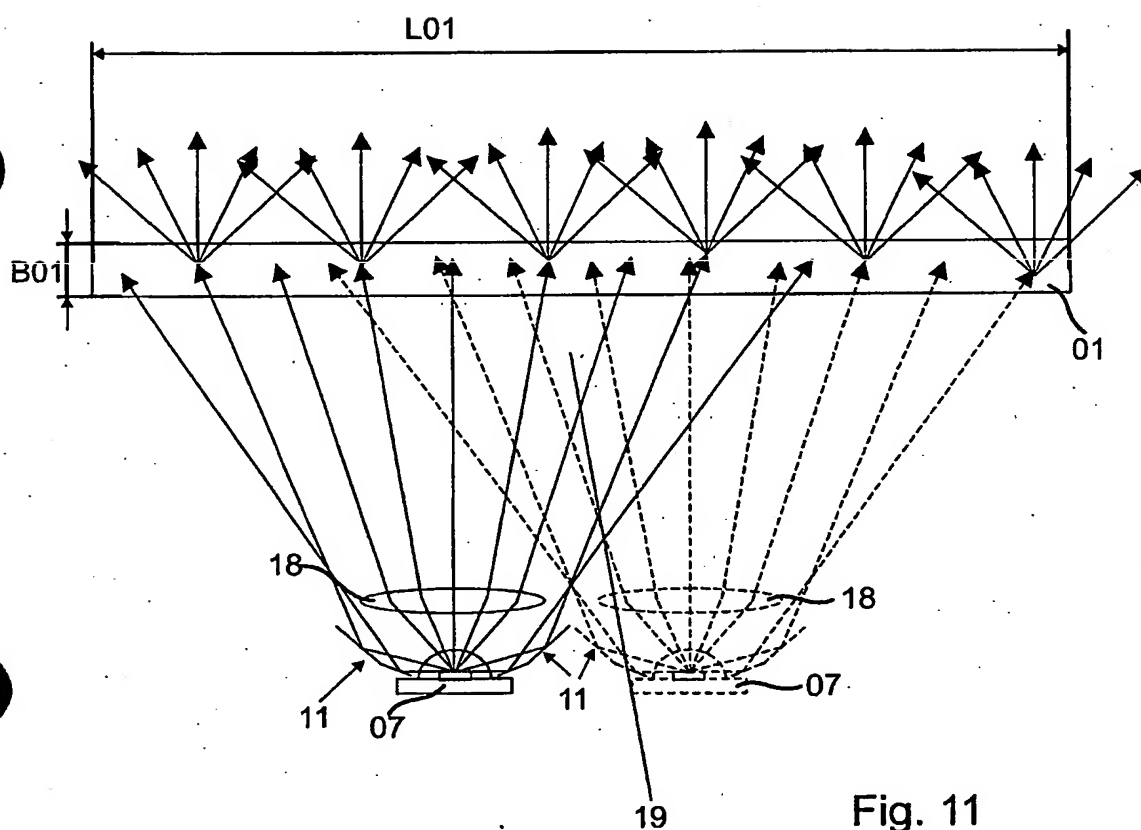


Fig. 11

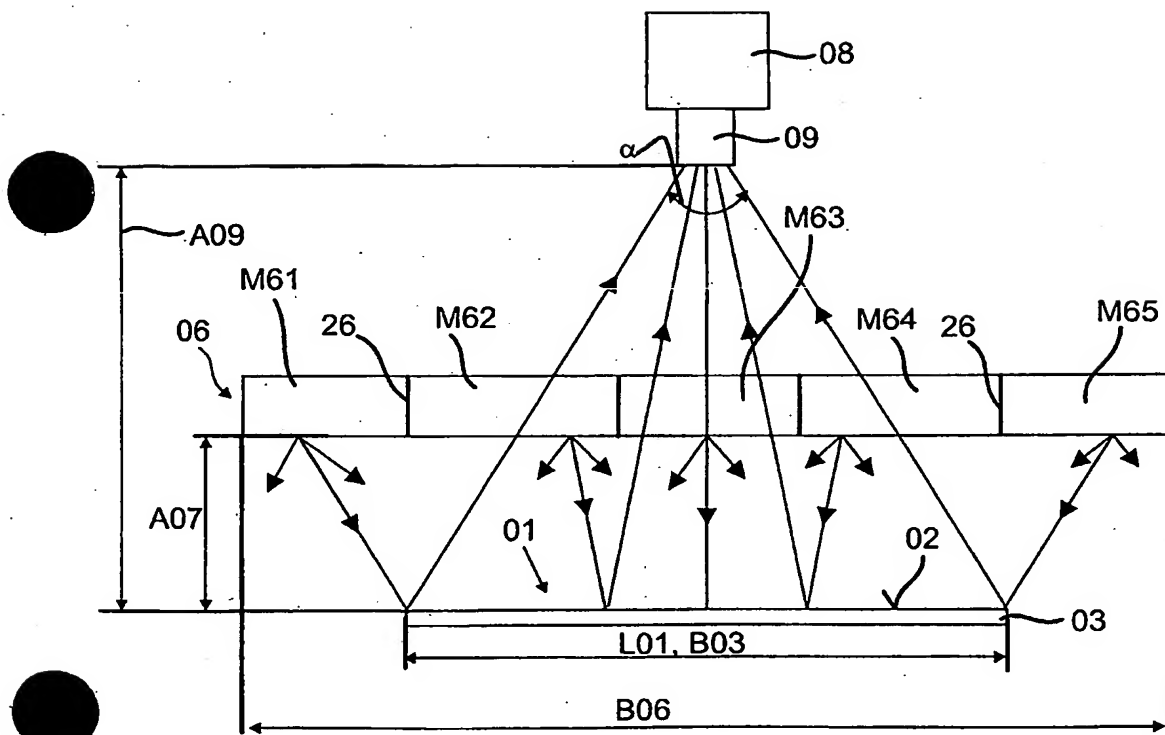
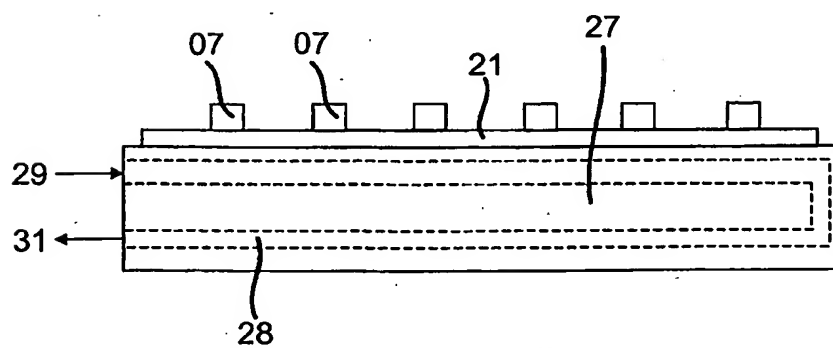
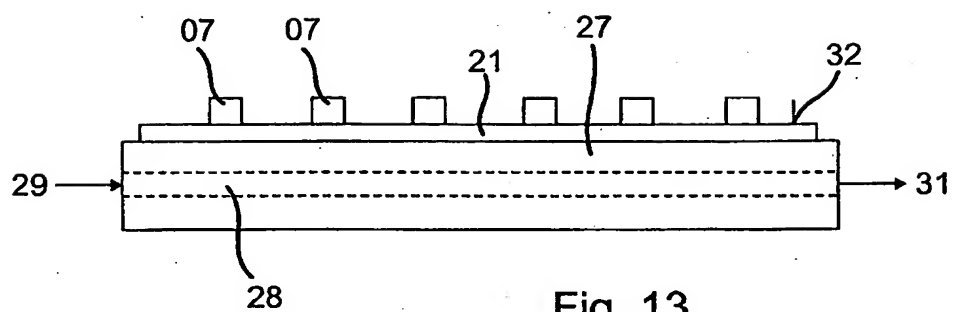


Fig. 12

10/12



11/12

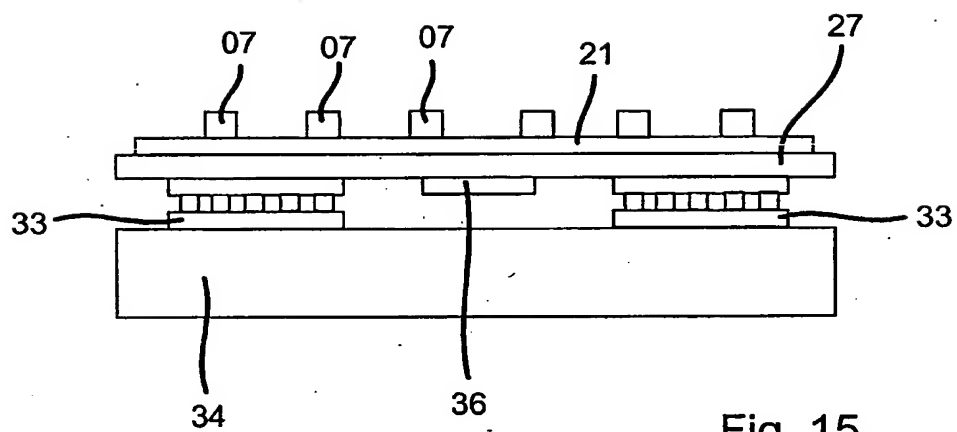


Fig. 15

12/12

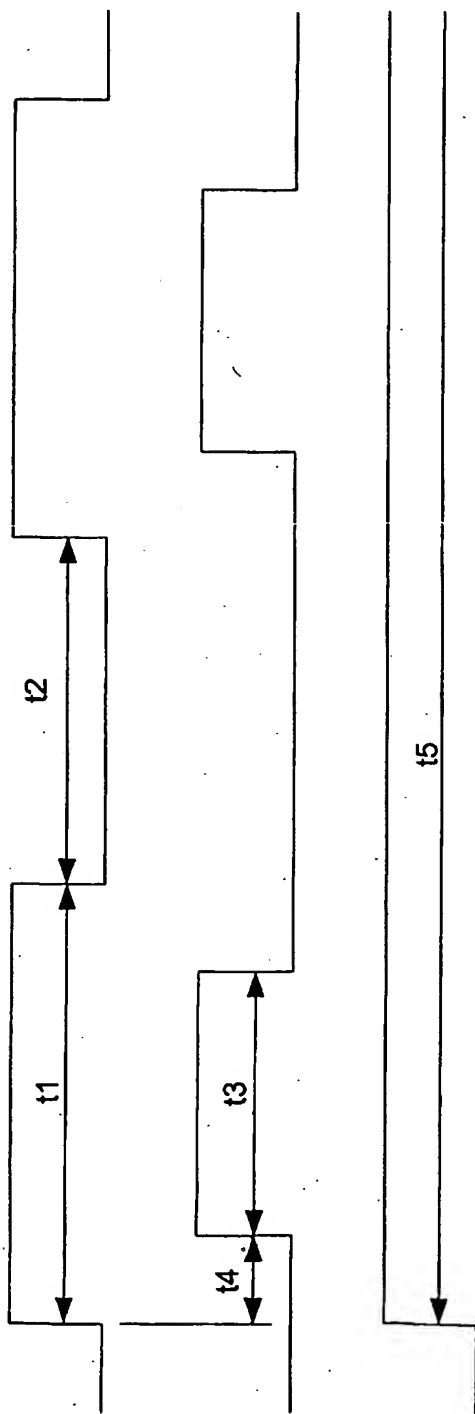


Fig. 16